

ارزیابی تأثیر کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا و کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین بر خصوصیات میکروبی و شیمیایی فیله مرغ در شرایط سرد

معراج تیمورمنش^۱، محمدرضا پژوهی الموتی^۲، شهره عالیان سماک^۳، زلیخا شیروانی^۴

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

۲- نویسنده مسئول: دانشیار گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران
پست الکترونیکی: mr.pajohi@ausmt.ac.ir, Pajohi@gmail.com

۳- دانشیار گروه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

۴- کارشناس آزمایشگاه بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی، دانشکده دامپزشکی، دانشگاه تخصصی فناوری‌های نوین آمل، آمل، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۵

چکیده

سابقه و هدف: این مطالعه با هدف توسعه پوشش کامپوزیتی موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده و اپسیلون پلی لیزین و تأثیر آن بر ماندگاری فیله مرغ انجام شد.

مواد و روش‌ها: فیله‌های مرغ با سوسپانسیون خوراکی موسیلاژ دانه چیا (۱،۵٪) در ترکیب با کربوکسی متیل سلولز (۱٪) حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتاسیکلودکسترین (۲٪) و اپسیلون پلی لیزین (۰،۵٪) به تنهایی و در ترکیب با هم، پوشش داده شدند. سپس به مدت ۸ روز جهت ارزیابی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی در شرایط سرد یخچال نگهداری گردیدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که روند افزایش جمعیت باکتری‌های مورد مطالعه در نمونه‌های پوشش داده شده با کامپوزیت حاوی اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لیزین بطور معنی داری نسبت به نمونه‌های فاقد ترکیبات ضد میکروبی کنترل گردید. داده‌های ارزیابی تیوباربیتوریک اسید، بازهای ازته فرار، pH و آزمون‌های حسی حاکی از تطابق تغییرات شیمیایی و ارگانولپتیک با ارزیابی‌های میکروبی نمونه‌ها طی مدت انبارمانی بود به گونه ایی که کمترین تغییرات در تیمار حاوی اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لیزین مشاهده گردید.

نتیجه‌گیری: بکارگیری توام اسانس آویشن دناپی و اپسیلون پلی لیزین افزوده شده در پوشش خوراکی موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز توانست به‌طور مؤثری کیفیت و ایمنی فیله مرغ را در شرایط سرد حفظ کند و نشان‌دهنده پتانسیل بالای افزودنی‌های طبیعی در صنعت غذایی می‌باشد.

واژگان کلیدی: پوشش خوراکی، موسیلاژ دانه چیا، آویشن دناپی، بتاسیکلودکسترین، اپسیلون پلی لیزین

پیام‌های اصلی

- امروزه رهیافت‌های متعددی مانند استفاده از ترکیبات ضد میکروبی طبیعی برای بسته بندی مرغ مورد توجه قرار گرفته است.
- کپسولاسیون اسانس آویشن دناپی با بتاسیکلودکسترین منجر به رهایش آهسته و پیوسته اسانس طی مدت انبارمانی فیله‌های مرغ گردید.
- پوشش خوراکی کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لیزین می‌تواند ماندگاری فیله مرغ در یخچال افزایش دهد.

● مقدمه

گوشت مرغ به عنوان یک پروتئین حیوانی مهم، با داشتن ویژگی‌هایی مانند پروتئین بالا، چربی کمتر، ارزان بودن، پخت سریع، در بین مصرف‌کنندگان از مقبولیت بالایی برخوردار است. با این حال، شرایط مساعدی را برای انواع فساد و میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا فراهم می‌کند. بنابراین، استفاده از روش‌های حفاظتی مانند بسته‌بندی، نگهداری در یخچال و مواد نگهدارنده ممکن است باعث افزایش ماندگاری گوشت مرغ شود (۱). پوشش‌های خوراکی به عنوان لایه‌های نازک زیست تخریب‌پذیر روی سطح غذا از منابع پروتئینی، کربوهیدرات‌ها و لیپیدها تهیه می‌شوند و با کنترل از دست دادن رطوبت، آلودگی‌های محیطی و حمل مواد افزودنی مانند آنتی اکسیدان‌ها و ترکیبات ضد میکروبی، باعث افزایش ماندگاری مواد غذایی می‌شود. امروزه پوشش‌های خوراکی با پوشش‌های پلیمری مصنوعی جایگزین شده اند (۲-۴).

موسیلاژهای گیاهی از جمله منابع جدید برای تهیه پوشش‌های خوراکی مواد غذایی می‌باشند. دانه چیا (*Salvia hispanica* L.) حاوی حدود ۶ درصد موسیلاژ است که می‌تواند ۲۷ برابر وزن خود آب جذب کند (۵). موسیلاژ دانه چیا از یک ماتریکس منشعب از زایلوز، گلوکز و اسید گلوکورونیک تشکیل شده است که به دلیل ظرفیت نگهداری آب، نفوذپذیری کم در برابر اکسیژن و ویسکوزیته مناسب، ماده ای بالقوه برای تولید فیلم‌ها و پوشش‌های خوراکی است. این موسیلاژ به طور گسترده در صنایع غذایی به عنوان تثبیت کننده کف، تعلیق و امولسیفایر استفاده می‌شود (۶). به منظور تهیه و بهبود ویژگی‌های عملکردی پوشش‌های خوراکی، مشتقات سلولزی به طور گسترده همراه با سایر پلیمرها و صمغ‌ها مورد استفاده قرار گرفته‌اند (۷). کربوکسی متیل سلولز (Carboxymethyl cellulose) به عنوان یک هیدروکلوئید خوراکی محلول در آب توانایی مطلوبی در ایجاد پوشش‌های غذایی دارد. این هیدروکلوئید یکی از مشتقات مهم سلولز است که از واکنش سلولز با هیدروکسید سدیم و اسید کلرواستیک تولید می‌شود. به دلیل زیست سازگاری بالا، در ترکیب با پلیمرهای خوراکی برای پوشش‌های حاوی ترکیبات ضد میکروبی استفاده می‌شود (۸).

اسانس‌های معطر گیاهان به عنوان منابع طبیعی دارای خاصیت ضد میکروبی و آنتی اکسیدانی، در پوشش‌ها و فیلم‌های خوراکی در نقش نگهدارنده، مورد مطالعه و بررسی قرار

می‌گیرند. اسانس گیاه آویشن دنیایی (*Thymus daenensis*) به دلیل وجود ترکیبات ضد میکروبی فعال مانند تیمول (Thymol) و کارواکرول (Carvacrol) در تحقیقات متعددی برای توسعه فیلم‌های فعال استفاده شده است (۹). امروزه روش‌های کپسوله‌سازی مانند نانوامولسیون‌ها و کمپلکس میزبان-میهمان در سیکلودکسترین‌ها برای غلبه بر مسائل مربوط به استفاده مستقیم از اسانس‌ها، از جمله ایجاد بوی نامطبوع در غلظت‌های موثر و آزادسازی سریع آن، به طور گسترده مورد استفاده قرار می‌گیرند (۱۰). بتا سیکلودکسترین (Beta-cyclodextrin) به عنوان یکی از انواع مختلف سیکلودکسترین، یک استوانه توخالی است که دارای یک سطح بیرونی آبدوست و یک حفره داخلی آبگریز است. قادر به حمل ترکیبات فرار است و منجر به آزادسازی طولانی مدت و کنترل شده این ترکیبات در طول نگهداری مواد غذایی می‌شود (۱۱). اپسیلون پلی ال لیزین (Epsilon-poly-l-lysine) به عنوان یک هموپلیمر تولید شده توسط استرپتومایسس آلبولوس (*Streptomyces albulus*)، دارای خواص ضد میکروبی گسترده ای در برابر پاتوژن‌های غذایی است. بسیاری از کشورها با توجه به تایید سازمان غذا و داروی آمریکا از آن به عنوان نگهدارنده مواد غذایی استفاده می‌کنند که عموماً به عنوان ایمن شناخته شده است (GRAS)، شماره GRN000135 (Generally Recognized as Safe). از ویژگی‌های قابل توجه این ترکیب می‌توان به پایداری بالا در برابر تغییرات pH، حلالیت بالا در آب، خوراکی، غیرسمی بودن و تجزیه پذیری بالا اشاره نمود (۱۲، ۱۳).

استفاده از دو یا چند هیدروکلوئید در فرمولاسیون پوشش‌های مواد غذایی، مهم ترین رویکردی است که محققان صنایع غذایی به دلیل امکان القای اثرات هم افزایی مثبت، بهبود کیفیت محصول، غنی سازی با ترکیبات ضد میکروبی طبیعی و کاهش هزینه‌های تولید، به بررسی آن می‌پردازند (۱۴، ۱۵). با این حال، تحقیقات محدودی در مورد استفاده از پوشش خوراکی موسیلاژ دانه چیا همراه با سایر پلیمرهای گیاهی غنی شده با ترکیبات آنتی اکسیدانی و ضد میکروبی وجود دارد. این مطالعه با هدف تهیه یک پوشش خوراکی ترکیبی از موسیلاژ دانه چیا و کربوکسی متیل سلولز غنی شده با اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دنیایی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین انجام شد. همچنین اثربخشی این پوشش بر ویژگی‌های

آماده سازی تیمارها

تهیه سوسپانسیون پوشش خوراکی

ابتدا به میزان ۱٫۵ درصد (وزنی/حجمی) موسیلاژ دانه چیا در آب مقطر حل شد. پس از همگن سازی به مدت ۳ ساعت در دمای اتاق، ادامه همگن سازی در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه صورت پذیرفت (۱۶). با کاهش دمای محلول موسیلاژ، پودر کربوکسی متیل سلولز با غلظت ۱ درصد (وزنی/حجمی) در آب مقطر) به سوسپانسیون اضافه شد و به مدت یک ساعت تحت همزن پیوسته در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد (۱۷). گلیسرول استریل (۰٫۰۷۵ درصد وزنی/وزنی بر اساس وزن موسیلاژ) به عنوان یک نرم کننده به سوسپانسیون افزوده شد تا انعطاف پذیری در پوشش ها افزایش یابد. پودر اپسیلون پلی لیزین در محلول اسید استیک (۰٫۲ مولار) در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد حل شد و با عبور از فیلتر ۰٫۲۲ میکرومتر استریل گردید. به سوسپانسیون های تهیه شده بصورت مجزا اسانس کپسوله شده با بتاسیکلودکسترین (۲ درصد وزنی/حجمی)، اپسیلون پلی لیزین (۰٫۵ درصد وزنی/حجمی)، به تنهایی و در ترکیب اضافه شدند و کاملاً همگن گردیدند (۵).

تهیه کامپوزیت و پوشش دهی فیله مرغ

فیله جوجه گوشتی تازه کشتار شده، در شرایط استریل به بخش های مساوی (تقریباً ۱۲۰ گرم) در ۵ گروه قطعه و تقسیم گردید. آزمایش های میکروبی و شیمیایی روی فیله های تازه برای ارزیابی کیفیت نمونه ها در روز صفر قبل از تیمار انجام شد. پنج تیمار سوسپانسیون تهیه شده در این مطالعه شامل گروه های زیر بود: کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر استریل، C)، کامپوزیت موسیلاژ/کربوکسی متیل سلولز (CSM/CMC)، کامپوزیت موسیلاژ/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین (ePL)، کامپوزیت موسیلاژ/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس کپسوله شده با بتاسیکلودکسترین (BCD/TDO) و کامپوزیت موسیلاژ/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس کپسوله شده با بتاسیکلودکسترین به علاوه اپسیلون پلی لیزین (ePL+BCD/TDO).

فیله های مرغ در سوسپانسیون های پوششی (به مدت ۲ دقیقه) غوطه ور شدند. سپس محلول سطحی فیله ها با قرار دادن روی توری استریل جدا گردید. نمونه های پوشش داده شده در کیسه های پلی اتیلن استریل قرار گرفته و به مدت ۸ روز در دمای ۴ درجه سانتی گراد تحت کنترل، نگهداری شدند. با توجه به تقاضای زیاد گوشت مرغ تازه در بین مردم جهان، افزایش عمر ماندگاری گوشت سالم در یخچال همواره مورد

میکروبی، شیمیایی و حسی فیله مرغ در طول نگهداری در دمای یخچال مورد ارزیابی قرار گرفت.

• مواد و روش ها

مواد شیمیایی و گیاهی

بذر چیا از شرکت آ.آ.ب (OAB، تهران، ایران) خریداری شد. برگ های خشک آویشن دناپی از یک مرکز گیاهان دارویی (تهران، ایران) تهیه گردید. پودر اپسیلون پلی لیزین فوق خالص (Epolylly®) از شرکت Handry (بروکسل، بلژیک) به دست آمد. بتا سیکلودکسترین (شماره CAS: 7585-39-9) از شرکت سیگما (ایالات متحده آمریکا) تهیه شد. فیله مرغ تازه کشتار شده در شرایط آسپتیک از بازار محلی آمل ایران خریداری شد. کربوکسی متیل سلولز از شرکت سیگما آلد ریچ (ایالات متحده آمریکا) تهیه شد. محیط های کشت میکروبی با کیفیت آزمایشگاهی از شرکت کیولب (کانادا) خریداری شد. تمام معرف های شیمیایی از شرکت مرک (آلمان) تهیه گردید.

استخراج موسیلاژ دانه چیا

برای استخراج موسیلاژ، دانه های چیا با آب مقطر به نسبت ۱:۳۰ مخلوط شده و به مدت ۴ ساعت روی همزن مغناطیسی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس مخلوط دانه/موسیلاژ به مدت ۲۰ دقیقه با دور ۱۲۰۰۰ سانتریفیوژ گردید تا موسیلاژ جدا شود. پس از عبور موسیلاژ از یک پارچه صافی، به مدت یک شب در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد خشک گردید (۵).

استخراج اسانس

اسانس برگ های خشک آویشن دناپی با استفاده از دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت به روش تقطیر با آب استخراج شد. پس از آبگیری با سولفات سدیم، اسانس بدست آمده در یک ظرف تیره در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری گردید (۹).

کپسوله کردن اسانس در بتاسیکلودکسترین

با استفاده از روش هم رسوبی (Co-precipitation)، کمپلکس بارگزاری اسانس آویشن دناپی در بتاسیکلودکسترین تهیه گردید. بطور خلاصه ۹ گرم پودر بتاسیکلودکسترین با ۹۰ میلی لیتر محلول اتانول در آب (نسبت حجمی به حجمی ۱:۲) به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد مخلوط شد. پس از آن، محلول اتانولی ۱۰٪ اسانس به تدریج به محلول بتاسیکلودکسترین اضافه گردید و در دمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴ ساعت هم زده شد. پس از خنک شدن تا دمای اتاق، کمپلکس بارگزاری شده اسانس/بتاسیکلودکسترین به مدت ۱۲ ساعت در دستگاه فریز درایر، به صورت انجمادی خشک گردید (۱۱).

ارزیابی تیوباربیتوریک اسید (TBARS Thiobarbituric acid reactive substances)

سنجش میزان اکسیداسیون چربی در نمونه‌ها با ارزیابی تیوباربیتوریک اسید صورت پذیرفت. میزان ۱۰ گرم از هر نمونه هموزن شده با محلول ترکیبی شامل ۱ میلی لیتر بوتیل هیدروکسی تولوئن (Butylated hydroxytoluene: BHT) (۰,۵ درصد) و ۳۵ میلی لیتر اسید پرکلریک (Perchloric acid) (۵ درصد) همگن گردید. مخلوط حاصل با استفاده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴ فیلتر شد و ۵ میلی لیتر از آن با ۵ میلی لیتر تیوباربیتوریک اسید ۰/۰۲ مولار ترکیب شد. سپس جهت تسهیل تشکیل کمپلکس مالون دی آلدئید (MDA) - تیوباربیتوریک اسید، مخلوط در ۹۵ درجه سانتیگراد به مدت ۲ ساعت حرارت داده شد. پس از سرد شدن محلول، جذب نوری آن در طول موج ۵۳۰ نانومتر بوسیله دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. یک محلول استاندارد از مالون دی آلدئید (Malondialdehyde: MDA) برای تهیه منحنی کالیبراسیون تهیه شد. میزان تیوباربیتوریک اسید در نمونه‌ها به عنوان میلی گرم مالون دی آلدئید به ازای هر کیلوگرم فیله مرغ محاسبه گردید (۱۹).

اندازه‌گیری کل بازهای ازته فرار (Total Volatile Base (Nitrogen: TVB-N)

جهت اندازه‌گیری میزان کل بازهای ازته فرار در نمونه‌های پوشش داده شده از روش کلدال و تقطیر با بخار استفاده گردید. ابتدا ۱۰ گرم نمونه فیله مرغ چرخ شده با ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط گردید و به همراه ۲ گرم اکسید منیزیم (در نقش کاتالیزور) بداخل فلاسک کلدال ریخته و محتویات آن به مدت ۲۵ دقیقه جوشانده شد. در همین حال خروجی کلدال در ارلن حاوی ۲۵ میلی لیتر اسید بوریک ۲ درصد (حاوی ۰,۱ درصد مخلوط متیل رد و متیلن بلو به عنوان شاخص)، جهت دریافت محصولات تقطیر، قرار داده گرفت. عمل جوشیدن محتویات فلاسک کلدال و تقطیر گازهای متصاعد شده تا تغییر رنگ محلول از صورتی به سبز ادامه یافت. محلول بدست آمده از فرایند تقطیر با اسید سولفوریک ۰,۱ نرمال تا رویت رنگ صورتی، تیترا شد. با اندازه‌گیری میزان اسید مصرفی برای تیتراسیون میزان کل بازهای نیتروژنی فرار بصورت میلی گرم نیتروژن در ۱۰۰ گرم نمونه طبق فرمول زیر محاسبه گردید که در آن V حجم اسید سولفوریک مصرفی می‌باشد (۱۹).

$$(mg/100g) = V (mL) \times 14 \text{ TVB-N}$$

ارزیابی ویژگی‌های حسی

خصوصیات حسی نمونه‌های فیله مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی عوامل

توجه محققان صنعت غذا قرار گرفته است از این رو در این مطالعه تجزیه و تحلیل نتایج فقط در شرایط خنک صورت گرفته است. ویژگی‌های میکروبی، شیمیایی و حسی هر تیمار در روزهای ۰، ۱، ۲، ۴، ۶ و ۸ نگهداری در شش بازه زمانی بررسی شد. تمام آزمایشات در سه تکرار انجام گردید (۱۳).

آزمون‌های میکروبی

بررسی‌های میکروبی در مطالعه حاضر، بر روی جمعیت باکتری‌های هوازی مزوفیل، باکتری‌های هوازی سایکروتروف و همچنین باکتری‌های خانواده آنتروباکتریاسه به عنوان عوامل میکروبی فسادزا و بیماریزا در گوشت مرغ، صورت پذیرفت. در هر بازه زمانی نگهداری فیله‌های تیمار شده، نمونه برداری از کیسه‌های حاوی تیمارها در شرایط استریل زیر هود میکروبیولوژی انجام شد. هر نمونه با وزن ۱۰ گرم با ۹۰ میلی لیتر آب پپتونه ۰,۱ درصد استریل حاوی ۰,۹ درصد نمک طعام (به مدت ۱ دقیقه) مخلوط و همگن گردید. پس از اختلاط اولیه، رقت‌های سریالی مناسب برای تعیین دقیق جمعیت میکروبی تهیه شد. سپس از هر رقت به میزان ۰,۱ میلی لیتر روی پلیت‌های استریل (۸ سانتی متری) حاوی محیط پلیت کانت آگار استریل جهت شمارش جمعیت کل باکتری‌های سایکروتروف و باکتری‌های مزوفیل (بطور مجزا، به روش کشت سطحی، در ۳ سری پلیت جداگانه) کشت داده شد و پلیت‌ها به ترتیب در گرمخانه با دمای ۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز و دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. برای شمارش خانواده آنتروباکتریاسه در هر بازه زمانی، از هر رقت سریالی بدست آمده در بالا، به میزان یک میلی لیتر با محیط مذاب استریل ویولت رد بایل دکستروز آگار به روش کشت آمیخته مخلوط شده و پس از منعقد شدن آگار، پلیت‌ها در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت گرمخانه گذاری شدند. نتایج شمارش میکروبی به صورت لگاریتم واحدهای تشکیل دهنده کلنی در هر گرم فیله مرغ (log CFU/g) گزارش گردید (۱۸).

آزمون‌های شیمیایی

ارزیابی pH

از هر نمونه ۱۰ گرم طی بازه‌های زمانی تعیین شده اخذ شده و در ۹۰ میلی لیتر آب مقطر همگن گردید. سپس با وارد کردن الکتروود دستگاه pH متر دیجیتال کالیبره شده، میزان pH در دمای محیط اندازه‌گیری شد.

صورت پذیرفت. تمام تجزیه و تحلیل‌ها در سطح معنی داری کمتر از ۵ درصد انجام شدند.

• یافته‌ها

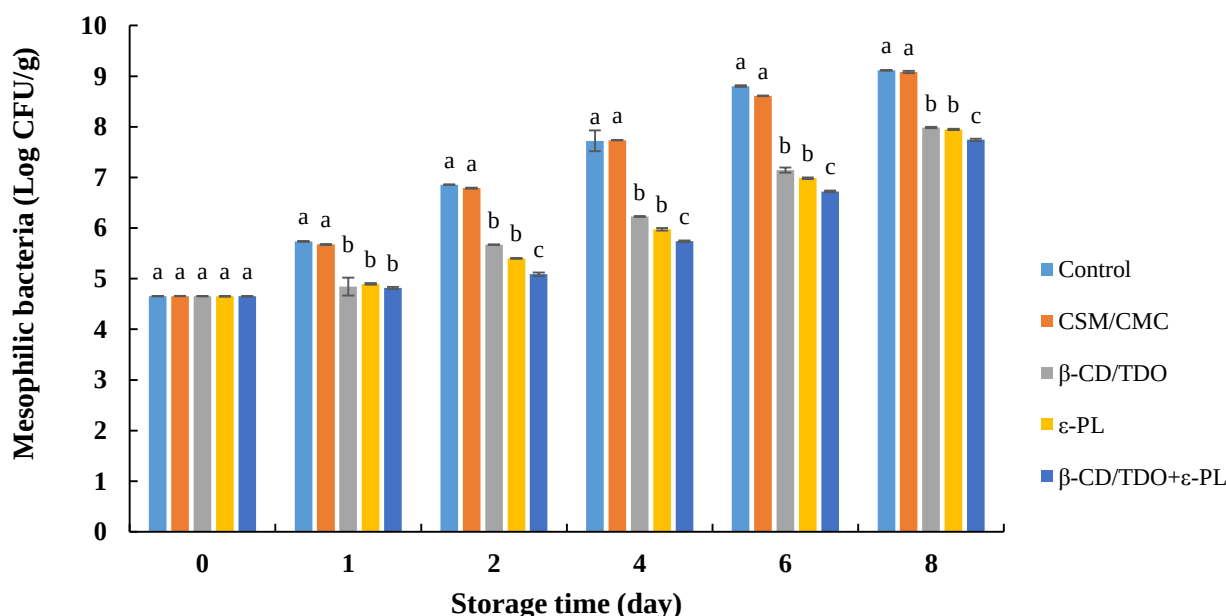
ارزیابی‌های میکروبی

نتایج بررسی تاثیر پوشش‌های کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتاسیکلودکسترتین و اپسیلون پلی لیزین در شکل‌های ۱ تا ۳ نمایش داده شده است. همانطور که در شکل‌ها مشهود است میانگین جمعیت کل میکروارگانیسم‌های مورد ارزیابی در تمامی تیمارها با گذشت زمان، روندی افزایشی را نشان می‌دهند. این افزایش جمعیت در تیمارهای کنترل و پوشش کامپوزیت بدون ترکیبات ضد میکروبی نسبت به سایر تیمارها، با شتاب بیشتری همراه بود.

ضدمیکروبی به لحاظ بو، بافت و رنگ طی مدت نگهداری در یخچال به مدت ۸ روز، توسط ۲۰ نفر از کارکنان و دانشجویان آموزش دیده که دارای سلیقه‌های متفاوت و از لحاظ محل سکونت زندگی در نقاط مختلف کشور و دارای تغذیه و عادات غذایی متفاوت بودند ارزیابی گردید. ویژگی‌های ارگانولپتیک نمونه‌ها با استفاده از آزمون هدونیک ۱۰ نقطه ایی که در آن امتیازات از عدد ۱۰ برای بسیار عالی تا عدد ۱ برای بسیار بد، رتبه بندی شدند.

تجزیه و تحلیل آماری

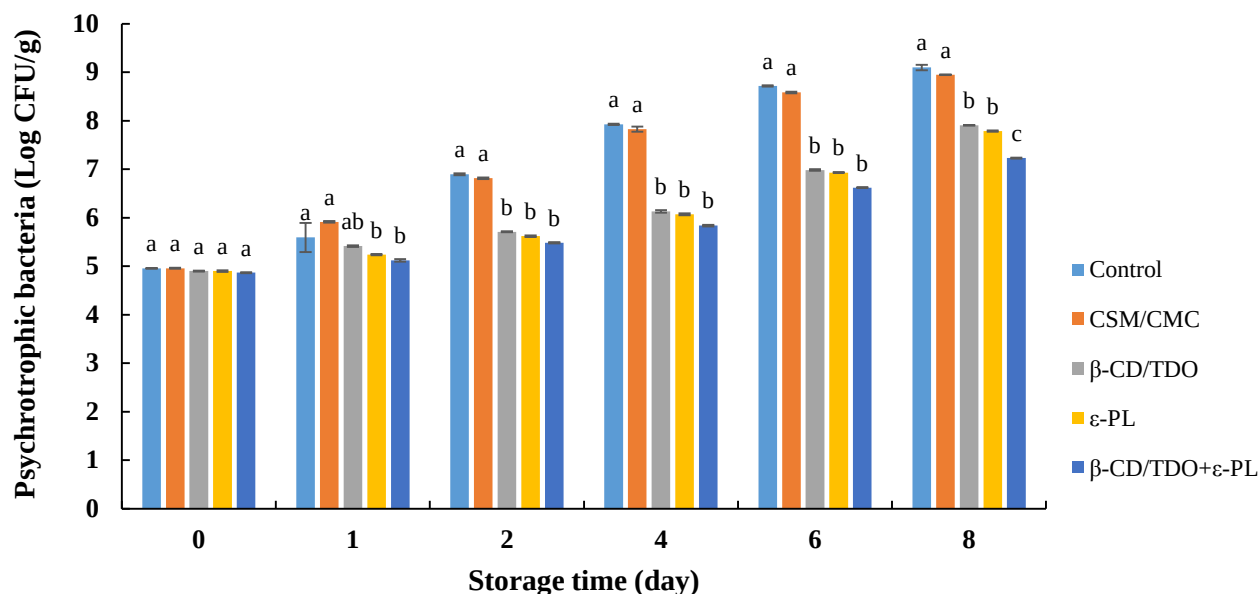
مقایسه میانگین نتایج آزمون‌های میکروبی و شیمیایی با استفاده از آنالیز واریانس برای داده‌های تکراری (ریپتد مژرز آنوا) و آزمون تعقیبی توکی تحت نرم افزار SPSS نسخه ۲۷



شکل ۱. تغییرات شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل هوازی (Mesophilic bacteria) در فیله‌های مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترتین طی مدت ۸ روز نگهداری در دمای یخچال

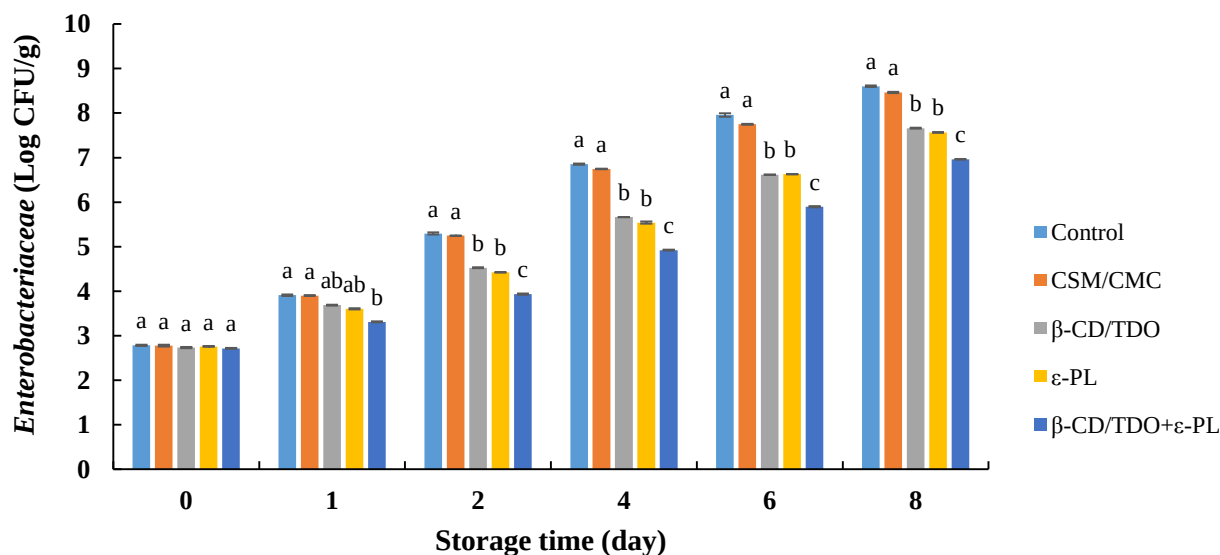
*حروف الفبای کوچک متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌ها در هر یک از روزهای مورد مطالعه است ($P < 0.05$).

Control: گروه کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر)، CSM/CMC: گروه کامپوزیت پایه صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز، β -CD/TDO: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترتین، ϵ -PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی ال لیزین، β -CD/TDO+ ϵ -PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترتین و اپسیلون پلی ال لیزین.



شکل ۲. تغییرات شمارش کلی باکتری‌های سایکروتروف هوازی (Psychrotrophic bacteria) در فیله‌های مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترتین طی مدت ۸ روز نگهداری در دمای یخچال

*حروف الفبای کوچک متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌ها در هر یک از روزهای مورد مطالعه است ($P < 0.05$).
Control: گروه کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر)، CSM/CMC: گروه کامپوزیت پایه صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز، β-CD/TDO: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی ال لیزین، β-CD/TDO+ε-PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترتین و اپسیلون پلی ال لیزین.



شکل ۳. میزان تغییرات شمارش کلی خانواده آنتروباکتریاسه (*Enterobacteriaceae* spp.) در فیله‌های مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترتین طی مدت ۸ روز نگهداری در دمای یخچال

*حروف الفبای کوچک متفاوت بالای ستون‌ها نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌ها در هر یک از روزهای مورد مطالعه است ($P < 0.05$).
Control: گروه کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر)، CSM/CMC: گروه کامپوزیت پایه صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز، β-CD/TDO: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی ال لیزین، β-CD/TDO+ε-PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترتین و اپسیلون پلی ال لیزین.

کنترل و تیمار حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لایزین بود. در روزهای دو، چهار، شش و هشت بین تیمار کنترل و پوشش فاقد ترکیبات ضد میکروبی و همچنین بین تیمار اسانس کپسوله شده و تیمار اپسیلون پلی لایزین اختلاف آماری معنی داری مشاهده نگردید (شکل ۳) و تیمار حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لایزین بهترین عملکرد را در کنترل این باکتری‌های آنتروباکتریاسه طی مدت نگهداری نمونه‌ها در شرایط سرد نشان داد.

نتایج آزمون‌های شیمیایی

pH

شکل ۴ تغییرات میزان pH در نمونه‌های فیله مرغ پوشش داده شده با تیمارهای مورد مطالعه، طی انبارمانی در یخچال را نشان می‌دهد. میزان pH اولیه نمونه‌ها در روز صفر ارزیابی ۵٫۸۵ بود و بین تمام گروه‌های مورد آزمایش در طول روزهای مورد مطالعه به غیر از روز صفر، اختلاف آماری معنی دار مشاهده گردید ($P < 0.05$). در پایان زمان نگهداری نمونه‌ها در شرایط سرد، حداقل و حداکثر میزان تغییر pH به ترتیب ۶٫۲۳ و ۶٫۵۳ مربوط به تیمار حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لایزین و تیمار کنترل بود. با گذشت زمان نگهداری میزان pH در همه تیمارها بویژه تیمار کنترل، روندی صعودی داشت.

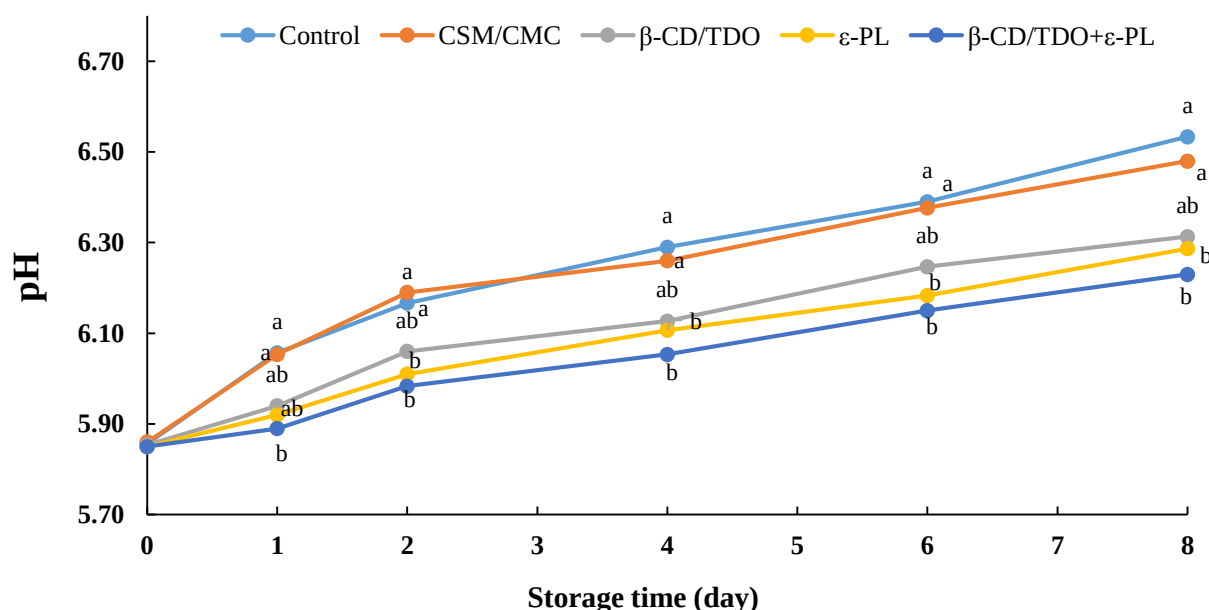
بررسی میزان تیوباربیتوریک اسید

میزان تیوباربیتوریک اسید (TBA) بر حسب میلی گرم مالون دی آلدئید (MDA) در تیمارهای مختلف طی مدت زمان نگهداری در شکل ۵ ارائه شده است. نتایج نشان داد در تمامی تیمارها طی نگهداری در یخچال، شاخص TBA افزایش یافت. در تیمارهای حاوی اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لایزین این افزایش شیب ملایم تری نسبت به سایر تیمارها داشت. در روز پایانی نگهداری بیشترین و کمترین میزان شاخص TBA متعلق به تیمار کنترل با 1.82 mg MDA/kg و تیمار ترکیب اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لایزین با 1 mg MDA/kg بود. در طول انبارمانی نمونه‌ها، تیمارهای حاوی عوامل ضد میکروبی بطور معنی داری توانستند روند اکسیداسیون و افزایش شاخص TBA را کنترل نمایند ($P < 0.05$).

بیشترین میزان شمارش باکتری‌های مزوفیل بعد از ۸ روز نگهداری نمونه‌ها، در حدود $9.12 \log \text{ CFU/g}$ مربوط به تیمار کنترل و کمترین میزان آن در حدود $7.74 \log \text{ CFU/g}$ مربوط به تیمار حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لایزین بود (شکل ۱). ارزیابی شمارش کلی باکتری‌های مزوفیل بین پنج گروه مورد بررسی در روز یک نگهداری نشان داد که تیمار کنترل و تیمار پوشش بدون عوامل ضد میکروبی در مقایسه با سه تیمار دیگر اختلاف آماری معنی داری داشتند ($P < 0.05$). شمارش مزوفیل‌ها در گروه کنترل و پوشش کامپوزیت بدون عوامل ضد میکروبی از روز چهارم به جمعیت بالای $7 \log \text{ CFU/g}$ رسیدند. در حالی که تیمارهای حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لایزین بطور معنی داری میزان رشد مزوفیل‌ها در نمونه‌ها کنترل نمودند ($P < 0.05$).

بیشترین و کمترین میزان جمعیت باکتری‌های سایکروتروف بعد از ۸ روز نگهداری در حدود $9.1 \log \text{ CFU/g}$ و $7.23 \log \text{ CFU/g}$ به ترتیب مربوط به تیمار کنترل و تیمار پوشش حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لایزین بود (شکل ۲). شمارش این باکتری‌ها در گروه کنترل و تیمار پوشش کامپوزیت بدون ترکیبات ضد میکروبی از روز چهارم نگهداری به بالای هفت لوگ رسید در صورتی که سایر تیمارها در روز هشت به لوگ هفت رسیدند. نتایج نشان داد که افزودن اپسیلون پلی لایزین و اسانس کپسوله شده به تنهایی و در ترکیب توانستند جمعیت این دسته از باکتری‌ها را بطور معنی داری تا روز ۸ نگهداری کنترل کنند ($P < 0.05$). با این وجود تنها در روز ۸ نگهداری ترکیب همزمان اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لایزین بطور معنی داری ($P < 0.05$) توانست نسبت به سایر تیمارهای حاوی عوامل ضد میکروبی جمعیت سایکروتروف‌ها را در نمونه‌ها کنترل نماید.

میزان جمعیت باکتری‌های خانواده آنتروباکتریاسه بعنوان شاخص کیفیت بهداشتی محصولات غذایی، در همه تیمارهای مورد مطالعه روند افزایشی داشت (شکل ۳). در پایان مدت زمان نگهداری نمونه‌ها بیشترین و کمترین میزان آنتروباکتریاسه به ترتیب $8.6 \log \text{ CFU/g}$ و $6.96 \log \text{ CFU/g}$ مربوط به تیمار

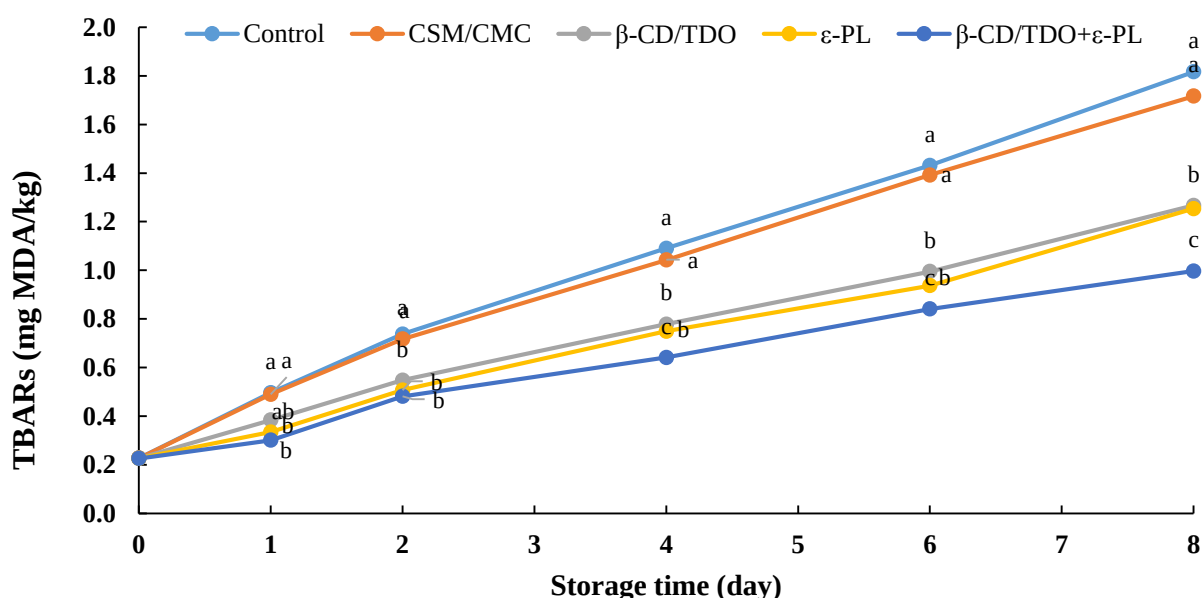


شکل ۴. نتایج میزان تغییرات pH در فیله‌های مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی

اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین طی مدت ۸ روز نگهداری در دمای یخچال

*حروف الفبای کوچک متفاوت بالای هر داده نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌ها در هر یک از روزهای مورد مطالعه است ($P < 0.05$).

Control: گروه کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر)، گروه کامپوزیت پایه صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز، β-CD/TDO: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی ال لیزین، β-CD/TDO+ε-PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین و اپسیلون پلی ال لیزین.



شکل ۵. نتایج تغییرات میزان تیوباربتوریک اسید (TBARs (mg MDA/kg)) در فیله‌های مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه

چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین طی مدت ۸ روز نگهداری در دمای

یخچال

*حروف الفبای کوچک متفاوت بالای هر داده نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌ها در هر یک از روزهای مورد مطالعه است ($P < 0.05$).

Control: گروه کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر)، گروه کامپوزیت پایه صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز، β-CD/TDO: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی ال لیزین، β-CD/TDO+ε-PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین و اپسیلون پلی ال لیزین.

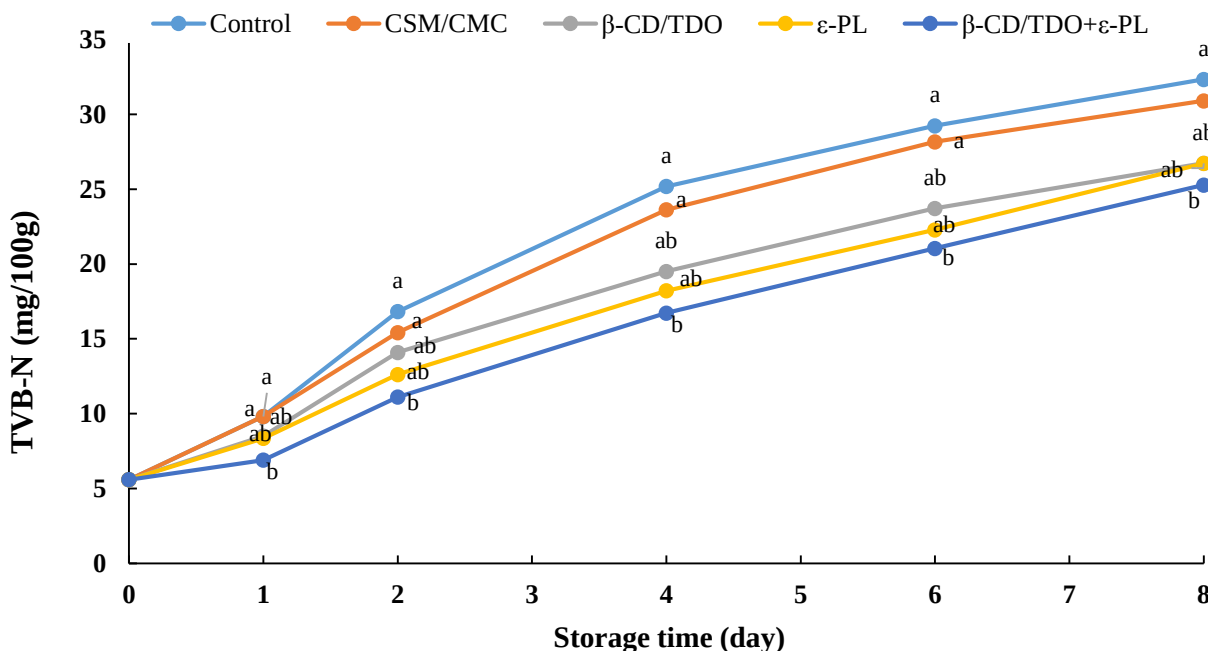
بررسی میزان بازهای ازته فرار (TVB-N)

میزان تغییرات بازهای ازته فرار در طول مدت نگهداری فیله‌های مرغ تیمار شده با پوشش‌های کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز در شکل ۶ نشان داده شده است. در حالیکه میزان TVB-N در روز صفر $5.6 \text{ mg}/100\text{g}$ در فیله‌های تازه مرغ بود با گذشت زمان نگهداری میزان آن در تمام نمونه‌ها بویژه تیمارهای فاقد عوامل ضد میکروبی افزایش یافت. در روز ۸ نگهداری نمونه‌ها بالاترین و پایین‌ترین میزان TVB-N با $32.33 \text{ mg}/100\text{g}$ و $25.2 \text{ mg}/100\text{g}$ به ترتیب مربوط به تیمار کنترل و تیمار حاوی اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لیزین بود. بین تیمارهای مورد آزمایش در تمام روزهای مورد مطالعه به غیر از روز صفر اختلاف معنی دار مشاهده شد ($P < 0.05$).

نتایج ارزیابی حسی

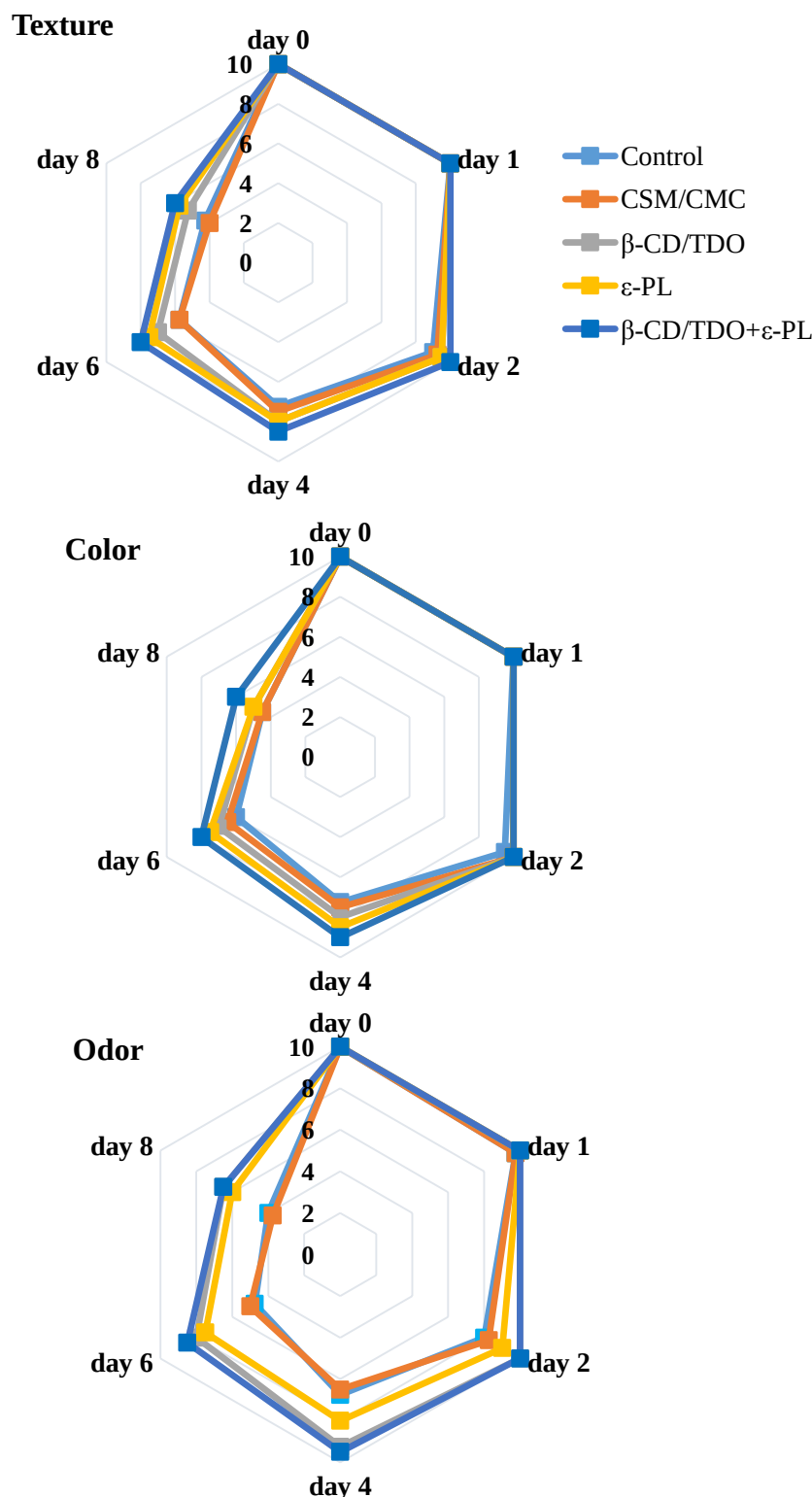
ویژگی‌های حسی فیله مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز طی ۸ روز نگهداری در شرایط سرد مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۷). ارزیابی حسی نشان داد که تیمار حاوی ترکیب اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لیزین بیشترین امتیاز ویژگی‌های حسی را نسبت به سایر

تیمارها دارا می‌باشد ($P < 0.05$). در روزهای صفر و یک از نظر بافت تفاوت معنی داری بین تیمارها دیده نشد ولیکن با گذشت زمان از روز دوم انبارمانی این تفاوت بین تیمارها مشهودتر بود. ویژگی‌های بافتی در تیمار کنترل نسبت به سایر تیمارها در روزهای چهار، شش و هشت، اختلاف آماری معنی دار داشت ($P < 0.05$) و طی مدت انبارمانی نمونه‌ها، تیمارهای حاوی اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لیزین از بالاترین امتیاز برخوردار بودند (شکل ۷). از نظر بو فیله‌های تیمار شده در روز صفر و یک اختلاف معنی داری با یکدیگر نداشتند ($P > 0.05$). از روز دوم انبارمانی به بعد، ویژگی بو در تیمارهای حاوی اسانس کپسول شده امتیاز بالاتری نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی داشتند ($P < 0.05$). رنگ فیله‌های مورد بررسی از روز چهارم آزمایش کاهش امتیاز را نشان دادند و کمترین امتیاز مربوط به تیمار کنترل بود. بالاترین امتیاز رنگ مربوط به تیمار حاوی اسانس کپسول شده و اپسیلون پلی لیزین بود که اختلاف آماری معنی داری با سایر تیمارهای مورد بررسی داشت ($P < 0.05$) به گونه ای که تا آخرین روز انبارمانی همچنان به لحاظ ویژگی رنگ مورد پذیرش بود (شکل ۷).



شکل ۶. نتایج تغییرات میزان کل بازهای ازته فرار (TVB-N (mg/100g)) در فیله‌های مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین طی مدت ۸ روز نگهداری در دمای یخچال

*حروف الفبای کوچک متفاوت بالای هر داده نشان دهنده اختلاف معنی دار بین گروه‌ها در هر یک از روزهای مورد مطالعه است ($P < 0.05$).
Control: گروه کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر)، گروه CSM/CMC: کامپوزیت پایه صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز، β-CD/TDO: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین، ε-PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی ال لیزین، β-CD/TDO+ε-PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین و اپسیلون پلی ال لیزین.



شکل ۷. نتایج ارزیابی حسی شامل تغییرات بو (Odor)، بافت (Texture) و رنگ (Color) در فیله‌های مرغ پوشش داده شده با کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین طی مدت ۸ روز نگهداری در دمای یخچال

Control: گروه کنترل (پوشش داده شده با آب مقطر)، CSM/CMC: گروه کامپوزیت پایه صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز، β -CD/TDO: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین، ϵ -PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی ال لیزین، β -CD/TDO+ ϵ -PL: گروه کامپوزیت صمغ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اسانس آویشن دناپی کپسوله شده با بتا سیکلودکسترین و اپسیلون پلی ال لیزین.

• بحث

در مطالعه حاضر به تاثیر پوشش کامپوزیت موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز حاوی اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دنايي کپسوله شده با بتا سيکلودکسترين بر خصوصيات ميكروبي و شيميايي فيله مرغ در شرايط سرد پرداخته شد. آريزايي هاي ميكروبي نمونه هاي پوشش داده شده با پوشش هاي كامپوزيتي مورد مطالعه، حاكي از نقش پررنگ تركيبات ضد ميكروبي در كنترل باكتري ها در فيله هاي مرغ طي مدت انبارماني در يخچال بود. فيله هاي مرغ در روز صفر انبارماني از تازگي لازم برخوردار بوده و با گذشت زمان در تمام نمونه جمعيت هاي باكتريايي افزايش يافت. در مطالعه فومني و همكاران (۲۰۲۲) بر روي فيله مرغ نگهداري شده در يخچال تعداد كل باكتري هاي اوليه مزوفيل و سايكروترف به ترتيب $4.56 \log CFU/g$ و $4.2 \log CFU/g$ بود و جمعيت آنها طي نگهداري گوشت مرغ در يخچال به طور معني داري افزايش يافت كه با نتايج بررسي حاضر مطابقت دارد (۱۸). بر اساس استانداردهاي موجود اگر جمعيت باكتري هاي مزوفيل هوازي در گوشت مرغ بالاتر از $7 \log CFU/g$ شود نشان دهنده شروع فساد و عدم پذيرش مي باشد (۲۰).

در مطالعه حاضر تيمار كنترل و تيمار پوشش داده شده با موسيلاژ دانه چيا/كربوكسي متيل سلولز (تيمار پايه) از روز ۴ انبارماني به بعد، با توجه به افزايش جمعيت ميكروبي كل، در شرايط غير قابل مصرف قرار گرفتند. علي رغم اينكه جمعيت ميكروبي نمونه فيله هاي مرغ پوشش داده شده با كامپوزيت موسيلاژ دانه چيا/كربوكسي متيل سلولز كمتر از تيمار كنترل (فاقد پوشش پايه) بود اما نتوانست به تنهائي عمر مفيد فيله مرغ را افزايش دهد كه اين مي تواند دليل عدم وجود خاصيت ضد ميكروبي در كامپوزيت مورد مطالعه باشد. در مطالعات مشابه كه از پوشش هاي موسيلاژ دانه چيا حاوي عصاره آبي برگ زيتون و پوشش آلژينات سديم در تيمار فيله مرغ استفاده شده بود نتايج مشابه ايي گزارش شده است (۱۸، ۲۱).

با توجه به نتايج حاصل از بررسي حاضر استفاده از پوشش حاوي اسانس كپسوله شده در مقايسه با نمونه كنترل و تيمار پايه موسيلاژ دانه چيا و كربوكسي متيل سلولز، به طور معناداري موجب كاهش تعداد باكتري هاي مورد بررسي گرديد ($P < 0.05$) به طوري كه تيمار حاوي اسانس كپسوله شده، با توجه به وجود خاصيت ضد ميكروبي اسانس آویشن دنايي و رهائش آهسته آن در طول به تنهائي توانست تا ۶ روز عمر نمونه فيله هاي مرغ را افزايش دهد. نتايج اين تحقيق با داده هاي حاصل از مطالعه مطلبي نژاد و همكاران (۲۰۲۳) همسو مي باشد. آنها نشان دادند

كه آویشن دنايي در تركيب با عصاره ميوه سماق بطور قابل توجهي اثر مهار كننده توجهي بر روي رشد ميكروارگانيسم ها داشته و ماندگاري فيله مرغ را افزايش مي دهد (۴). منصوري و همكاران (۲۰۲۱) نشان دادند كه اسانس آویشن دنايي كپسوله شده بصورت نانوامولسيون، اثر ضد باكتريايي مطلوبي با غلظت پايين تر، بر سالمونلا تايغي موريوم، ليستريا مونوسيژونز و اشريشاكلي در سس مايونز دارد (۱۰). همانگونه كه در شكل هاي نتايج آريزايي ميكروبي نشان داده شده است پوشش هاي كامپوزيتي حاوي اپسیلون پلی لیزین توانایی ضد میکروبی متفاوتی نسبت به پوشش های واجد اسانس کپسوله شده نداشتند. وليكن بكارگيري توام آنها اثر هم افزايي ضد ميكروبي روي نمونه ها در طول مدت نگهداري در يخچال داشت و ماندگاري نمونه ها را تا روز ۸ افزايش داد. در مطالعه اي توسط چدا و ورنكار (۲۰۱۵) خاصيت ضد ميكروبي اپسیلون پلی لیزین به اثبات رسيد و به اين نتيجه رسيدند كه اين تركيب مي تواند رشد باكتري هاي گرم منفي و گرم مثبت را مهار كند (۲۲). تاكنون مطالعه ي مجزايي در مورد تركيب اپسیلون پلی لیزین و اسانس آویشن دنايي براي افزايش عمر ماندگاري گوشت مرغ صورت نگرفته است، اين تحقيق مي تواند سرآغازي براي بررسي بيشتر درباره اين تركيب ضد ميكروبي قوي و افزايش ماندگاري گوشت باشد.

با افزايش زمان نگهداري نمونه فيله هاي مرغ پوشش داده شده، ميزان pH روند افزايش را در تمام تيمارها نشان داد. اين افزايش معمولاً ناشي از توليد آمين هاي آزاد در اثر فعاليت آنزيم هاي پروتئوليتيك يا ايجاد تركيبات بازي از قبيل آمونياك و تري متيل آمين و ديگر آمين هاي بيوزن در اثر فعاليت باكتري هاي فسادزا مي باشد. تيمار كامپوزيت موسيلاژ دانه چيا/كربوكسي متيل سلولز (تيمار پايه) افزايش pH بيشترى را نسبت به تيمار كنترل داشت كه دليل آن ممكن است ناشي از وجود خاصيت قليايي موسيلاژ دانه چيا و نداشتن خاصيت ضد ميكروبي اين تيمار باشد. با اين وجود پوشش هاي حاوي تركيبات ضد ميكروبي تاثير معني داري بر كنترل افزايش pH نمونه ها در طول مدت نگهداري داشتند. هم راستا با مطالعه حاضر، پورفومني و همكاران (۲۰۲۲) نيز نتايج مشابه اي در خصوص فيله مرغ پوشش داده شده با موسيلاژ دانه چيا و عصاره آبي برگ زيتون بدست آوردند (۱۸).

آريزايي TBARS جهت تعيين درجه اكسيداسيون چربي در گوشت صورت مي پذيرد تا كيفيت و عمر ماندگاري اين محصولات مشخص گردد. علي رغم روند افزايشي اين شاخص در تمام نمونه ها طي مدت انبارماني، ميزان تشكيل آن در تيمارهاي پوشش داده شده حاوي اسانس كپسوله شده و

در تیمارهای حاوی نانومولسیون آویشن شیرازی امتیاز بالاتری داشتند که با نتایج حاضر همخوانی دارد (۲۵).

در مطالعه حیدری و همکاران (۲۰۲۰)، که نتایج آنها همسو با نتایج تحقیق حاضر بود به تأثیر موسیلاژ دانه قدومه شیرازی و اسانس اسطوخودوس بر حفظ کیفیت گوشت شترمرغ در طول نگهداری در دمای یخچال پرداخته شد. از نظر میکروبیولوژیکی، مدت زمان انبارمانی سرد برای نمونه‌های کنترل و پوشش‌داده‌شده بدون اسانس تنها ۳ روز بود، در حالی که برای نمونه‌های پوشش‌داده‌شده حاوی ۰٫۵٪، ۱٪، ۱٫۵٪ و ۲٪ اسانس به ترتیب ۳، ۳، ۶ و ۹ روز بود. گوشت شترمرغ پوشش‌داده‌شده حاوی اسانس ۲٪ کیفیت مناسب و ماندگاری بیشتری داشت (۲۶).

شب خیز و همکاران (۲۰۲۱) رهایش و خواص آنتی باکتریایی هیدروژل آلژینات حاوی نانوذرات بتاسیکلودکستین بارگذاری شده با اسانس آویشن دناپی مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها در خصوص رهایش اسانس در دو دوره کوتاه مدت و بلند مدت نشان داد که سرعت رهایش ترکیبات زیست فعال را می‌توان با کپسوله کردن در بتاسیکلودکستین و تولید هیدروژل آلژیناتی آن کاهش داد و بتاسیکلودکستین به عنوان ترکیبی موثر جهت کنترل رهایش در سیستم‌های غذایی و دارویی مورد استفاده قرار گیرد (۲۷).

نتیجه گیری نهایی

موسیلاژ دانه چیا در ترکیب با کربوکسی متیل با ایجاد یک لایه محافظتی بر روی سطح فیله‌های مرغ، توانستند از تماس مستقیم میکروارگانیسم‌ها با محصول جلوگیری کرده و در نتیجه موجب کاهش رشد میکروبی شوند. بتا سیکلودکستین به عنوان حامل اسانس آویشن دناپی توانست اسانس را به‌طور همزمان و به تدریج رهاسازی کند، که نه تنها اثرات ضد میکروبی اسانس را حفظ نمود بلکه با ایجاد یک کنترل بر روی سرعت آزادسازی، به کاهش تغییرات شیمیایی نامطلوب و افزایش پایداری طعم و بو نیز کمک کرد. علاوه بر این، این پوشش‌ها به‌عنوان یک سیستم انتقال برای آزادسازی آهسته اپسیلون پلی لیزین عمل کردند. اپسیلون پلی لیزین با خواص ضد میکروبی خود، به‌طور پیوسته در طول زمان آزاد شده و اثرات مثبت خود را در کنترل باکتری‌ها اعمال نمود. وجود هم افزایی این ترکیبات در پوشش کامپوزیتی موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز منجر به ماندگاری بیشتر و حفظ ویژگی‌های کیفی فیله مرغ می‌شود و می‌تواند بعنوان یک پوشش فعال مورد توجه صنعت غذا قرار گیرد.

اپسیلون پلی لیزین روند آهسته تری داشت. فعالیت آنتی اکسیدانی اسانس آویشن دناپی و اپسیلون پلی لیزین ممکن است طی مدت نگهداری محصول مانع از اکسیداسیون چربی‌ها و کنترل TBARS شود. در مطالعه علیرضالو و همکاران (۲۰۲۰) در خصوص بکارگیری عصاره گزنه و اپسیلون پلی لیزین در فیله گوشت گاو نتایج مشابهی با مطالعه حاضر گزارش گردید (۲۳). شاخص TVB-N یک پارامتر کمی و اثبات شده است که می‌تواند برای تعیین تازگی و کیفیت گوشت و فرآورده‌های گوشتی استفاده شود (۱۹). با توجه به نتایج به دست آمده مقادیر TVB-N در تمام تیمارها روند افزایشی داشت. با این وجود میزان تشکیل آن در تیمارهای واجد اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لیزین در مقایسه با سایر تیمارها پایین‌تر بود که می‌تواند بدلیل فعالیت عوامل ضد میکروبی بر رشد میکروارگانیسم‌های فسادزا و به دنبال آن کاهش مقدار ترکیبات غیر پروتئینی ازتی مانند آمونیاک، آمین‌های نوع اول، دوم و سوم باشد. یافته‌های نتایج حاضر با نتایج فیاض فر و همکاران (۲۰۲۱) در رابطه با بکارگیری اسانس آویشن شیرازی در سوسیس بوقلمون و کنترل میزان تشکیل TVB-N، مطابقت داشت (۲۴).

نتایج ارزیابی حسی نمونه‌ها، با داده‌های بدست آمده از آزمون TVB-N همخوانی داشت. به گونه‌ای که با گذشت زمان از روز ۴ انبارمانی، تغییرات بو در تیمارهای فاقد ترکیبات ضد میکروبی آغاز گردید که نشان‌دهنده‌ی تأثیرگذاری میزان TVB-N بر بوی فیله‌های مرغ می‌باشد (۱۹). در بین تیمارهای مورد ارزیابی، تیمارهای حاوی اسانس کپسول شده به لحاظ فاکتور بو دارای امتیاز بالاتری بودند که می‌تواند ناشی از آزاد شدن ترکیبات معطر اسانس آویشن دناپی در طول مدت نگهداری نمونه‌ها باشد. ارزیابی شاخص رنگ تفاوت معنی داری را بین تیمار کنترل و تیمار موسیلاژ دانه چیا/کربوکسی متیل سلولز (تیمار پایه) نشان نداد بنابراین موسیلاژ دانه چیا در ظاهر و رنگ فیله مرغ تأثیر چندانی نداشت که با نتایج مطالعه پور فومنی و همکاران همخوانی داشت (۱۸). بالاترین میانگین امتیاز از نظر فاکتور رنگ مربوط به تیمار حاوی اسانس کپسوله شده و اپسیلون پلی لیزین بود که تا روز هشتم مطالعه، رنگ نمونه‌های پوشش داده شده قابل قبول بود. ارزیابی بافت نمونه فیله‌های مرغ نشان داد که تیمار کنترل و تیمار پوشش پایه از روز چهارم به بعد نتوانستند کیفیت فیله‌ها را به خوبی حفظ نمایند در حالی که نمونه‌های پوشش دار حاوی اسانس کپسوله شده، تا انتهای روز نگهداری امتیاز مطلوبی را کسب نمودند. در مطالعه اوزگوگل و همکاران (۲۰۱۷) پارامترهای رنگ، بافت و بو

فناوری‌های نوین آمل صورت پذیرفت. نویسندگان از جناب آقای دکتر مرادی (استاد دانشکده دامپزشکی دانشگاه ارومیه) بابت راهنمایی و مشاوره شان در اجرای این پروژه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

سپا سگزاری: مقاله حاضر برگرفته از پایان نامه مقطع کارشناسی ارشد بهداشت و کنترل کیفی مواد غذایی جناب آقای معراج تیمورمنش با حمایت دانشگاه تخصصی

• References

- Mir NA, Rafiq A, Kumar F, Singh V, Shukla V. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. *Journal of food science and technology*. 2017;54:2997-3009.
- Behbahani BA, Noshad M, Jooyandeh H. Improving oxidative and microbial stability of beef using Shahri Balangu seed mucilage loaded with Cumin essential oil as a bioactive edible coating. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2020;24:101563.
- Huang Y, Mei L, Chen X, Wang Q. Recent developments in food packaging based on nanomaterials. *Nanomaterials*. 2018;8(10):830.
- Motalebinejad H, Bazargani-Gilani B, Pajohi-Alamoti M. Corn Zein edible film containing Sumac fruit extract and encapsulated *Thymus daenensis* Celak essential oil to improving the shelf life of chicken fillet. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2023;17(6):5989-6002.
- Muñoz LA, Cobos A, Diaz O, Aguilera JM. Chia seeds: Microstructure, mucilage extraction and hydration. *Journal of food Engineering*. 2012;108(1):216-24.
- Urbizo-Reyes U, San Martin-González MF, Garcia-Bravo J, Liceaga AM. Development of chia seed (*Salvia hispanica*) mucilage films plasticized with polyol mixtures: Mechanical and barrier properties. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020;163:854-64.
- Yang X, Zhao D, Ge S, Bian P, Xue H, Lang Y. Alginate-based edible coating with oregano essential oil/ β -cyclodextrin inclusion complex for chicken breast preservation. *International Journal of Biological Macromolecules*. 2023;251:126126.
- Ruan C-Q, Zhao M, Zhang W, Zeng K. Carboxymethyl cellulose based edible nanocomposite coating with tunable functionalities and the application on the preservation of postharvest Satsuma mandarin fruit. *Food Packaging and Shelf Life*. 2024;46:101364.
- Bamian M, Pajohi-Alamoti M, Azizian S, Nourian A, Tahzibi H. An electrospun polylactic acid film containing silver nanoparticles and encapsulated *Thymus daenensis* essential oil: release behavior, physico-mechanical and antibacterial studies. *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2023;17(4):3450-63.
- Mansouri S, Pajohi-Alamoti M, Aghajani N, Bazargani-Gilani B, Nourian A. Stability and antibacterial activity of *Thymus daenensis* L. essential oil nanoemulsion in mayonnaise. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2021;101(9):3880-8.
- Izadi F, Pajohi-Alamoti M, Emamifar A, Nourian A. Fabrication and characterization of active poly (lactic acid) films containing *Thymus daenensis* essential oil/ β -cyclodextrin inclusion complex and silver nanoparticles to extend the shelf life of ground beef. *Food and Bioprocess Technology*. 2024;17(5):1309-20.
- Moradi M, Guimarães JT, Sahin S. Current applications of exopolysaccharides from lactic acid bacteria in the development of food active edible packaging. *Current Opinion in Food Science*. 2021;40:33-9.
- Razavi R, Tajik H, Moradi M, Molaei R, Ezati P. Antimicrobial, microscopic and spectroscopic properties of cellulose paper coated with chitosan sol-gel solution formulated by epsilon-poly-L-lysine and its application in active food packaging. *Carbohydrate research*. 2020;489:107912.
- Li X, Ren Z, Wang R, Liu L, Zhang J, Ma F, et al. Characterization and antibacterial activity of edible films based on carboxymethyl cellulose, *Dioscorea opposita* mucilage, glycerol and ZnO nanoparticles. *Food chemistry*. 2021;349:129208.
- Mohammadi H, Kamkar A, Misaghi A, Zunabovic-Pichler M, Fatehi S. Nanocomposite films with CMC, okra mucilage, and ZnO nanoparticles: Extending the shelf-life of chicken breast meat. *Food Packaging and Shelf Life*. 2019;21:100330.
- Dick M, Costa TMH, Gomaa A, Subirade M, de Oliveira Rios A, Flôres SH. Edible film production from chia seed mucilage: Effect of glycerol concentration on its physicochemical and mechanical properties. *Carbohydrate polymers*. 2015;130:198-205.
- Khoshdouni Farahani F, Oromiehi AR, Sharifan A, Khoshdouni Farahani Z. Preparation of edible coating compound of carboxy methyl cellulose and sesame oil for strawberry coating and evaluation of its properties. 2019.
- Foumani FAS, Soltani MS, Zomorodi S, Jafarian S, Asl AK, editors. Effect of chia seed mucilage coating containing zinc oxide nanoparticles on shelf life of chicken fillet. *Veterinary Research Forum*; 2022: Faculty of Veterinary Medicine, Urmia University, Urmia, Iran.
- Ghorbani M, Divsalar E, Molaei R, Ezati P, Moradi M, Tajik H, et al. A halochromic indicator based on polylactic acid and anthocyanins for visual freshness monitoring of minced meat, chicken fillet, shrimp, and fish roe. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2021;74:102864.
- Tuncer B, Sireli U. Microbial growth on broiler carcasses stored at different temperatures after air-or water-chilling. *Poultry Science*. 2008;87(4):793-9.
- Matiacevich S, Acevedo N, López D. Characterization of edible active coating based on alginate-thyme oil-propionic acid for the preservation of fresh chicken breast fillets. *Journal of Food Processing and Preservation*. 2015;39(6):2792-801.
- Chheda A, Vernekar M. A natural preservative [epsilon]-poly-L-lysine: fermentative production and applications in food industry. *International Food Research Journal*. 2015;22(1):23.
- Alirezalu K, Shafaghi Movlan H, Younessi-Hamzekhanlu M, Farmani B, Fathizadeh O. Improvement of physicochemical, sensory and shelf life stability of beef fillet using stinging nettle extract in combination with

- epsilon polylysine. Journal of food science and technology (Iran). 2020;16(96):145-60.
24. Fayazfar S, Khanjari A, Gandomi H, Basti AA, Gholami F, Moghimi N. The effect of *Zataria multiflora* Boiss. essential oil on the shelf life of turkey fresh sausages at refrigerated temperature under aerobic packaging. 2021.
 25. Ozogul Y, Yuvka İ, Ucar Y, Durmus M, Kösker AR, Öz M, et al. Evaluation of effects of nanoemulsion based on herb essential oils (rosemary, laurel, thyme and sage) on sensory, chemical and microbiological quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fillets during ice storage. Lwt. 2017;75:677-84.
 26. Heydari S, Jooyandeh H, Alizadeh Behbahani B, Noshad M. The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. Food Science & Nutrition. 2020;8(12):6497-512.
 27. Shabkhiz M, Pirouzifard MK, Gholamreza M, Pirsā S. Evaluation of release and antibacterial properties of alginate hydrogel containing beta-cyclodextrin nanoparticles loaded with *Thymus daenensis* essential oil. Journal of food science and technology (Iran). 2021;18(115):49-67.

Evaluation of the Effect of Chia Seed Mucilage and Carboxymethyl Cellulose Composite Containing Epsilon-Poly-L-Lysine and Encapsulated *Thymus daenensis* Essential Oil with Beta-Cyclodextrin on the Microbial and Chemical Properties of Chicken Fillet Under Cold Conditions

Teymormanesh M¹, Pajohi-Alamoti M.R^{2*}, Alian Samakkhah S³, Shirvani Z⁴

1- MSC, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

2- *Corresponding author: Associate Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran. Email: pajohi@gmail.com, mr.pajohi@ausmt.ac.ir

3- Associate Professor, Department of Food Hygiene and Quality Control, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

4- PhD, Food Hygiene and Quality Control Laboratory Expert, Faculty of Veterinary Medicine, Amol University of Special Modern Technologies, Amol, Iran

Received 24 Jan, 2025

Accepted 10 Mar, 2025

Background and Objectives: This study aimed to develop a composite coating of chia seed mucilage/carboxymethyl cellulose containing encapsulated *Thymus daenensis* essential oil with beta-cyclodextrin and epsilon-poly-L-lysine and their effect on the shelf life of chicken fillets.

Materials & Methods: Chicken fillets were coated with an edible suspension of chia seed mucilage (1.5%)/carboxymethyl cellulose (1%) containing the encapsulated essential oil (2%) and epsilon-poly-L-lysine (0.5%) alone and in combination. Then, they were kept for 8 days in the refrigerator for microbial, chemical, and sensory evaluations.

Results: The results indicated that the increase in the microbial counts in the coated samples with a composite containing encapsulated essential oil and epsilon-poly-L-lysine was significantly controlled compared to ones without antimicrobial compounds. The evaluation data of thiobarbituric acid, volatile nitrogen bases, pH, and sensory tests indicated the agreement of chemical and organoleptic changes with microbial evaluations of the samples during the storage period in such a way that the least changes were observed in the treatment containing encapsulated essential oil and epsilon-poly-L-lysine.

Conclusion: The combined use of *Thymus daenensis* essential oil and epsilon-poly-L-lysine in the edible coating of chia seed mucilage/carboxymethyl cellulose effectively maintained the quality and safety of chicken fillets in cold conditions, demonstrating the high potential of natural additives in the food industry.

Keywords: Edible coating, Chia seed mucilage, *Thymus daenensis*, Beta-cyclodextrin, Epsilon-poly-L-lysine